



TESIS (RE 2099)

**DESIGN SISTEM PENGENDALI *ADAPTIF FUZZY*  
PADA *MOBILE* ROBOT UNTUK MENGHINDARI  
HALANGAN**

ABD. KHOLIQ  
2204 202 011

DOSEN PEMBIMBING  
Ir. Katjuk Astrowulan, MSEE.  
Ir. Rusdhianto Effendi, M.T.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM PENGATURAN  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2009



TESIS (RE 2099)

# **DESIGN OF ADAPTIVE FUZZY CONTROLLER FOR ROBOT MOBIL AT DESAPPEAR OF OBSTACLE**

ABD. KHOLIQ  
2204 202 011

SUPERVISOR

Ir. Katjuk Astrowulan, MSEE.  
Ir. Rusdhianto Effendi, M.T.

MAGISTER PROGRAM

SISTEM CONTROL ENGINEERING

ELECTRICAL ENGINEERING

FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

INSTITUTE OF TECHNOLOGY 10 NOPEMBER SURABAYA

2009

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (M.T)  
di  
Institute Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ABD. KHOLIQ  
NRP. 2204202011

Tanggal Ujian : 27 Januari 2009  
Periode Wisuda :

Disetujui oleh:

1. Ir. Katjuk Astrowulan, M.SEE. (Pembimbing I)  
NIP. 195104151978031001

  
-----

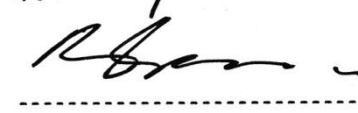
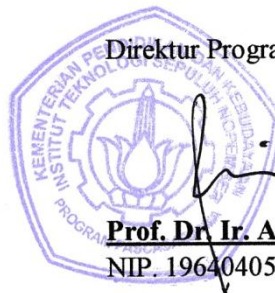
2. Ir. Rusdhianto Effendi, AK. M.T. (Pembimbing II)  
NIP. 195704241985021001

  
-----

3. Ir. Ali Fatoni, M.T. (Penguji)  
NIP. 196206031989031002

  
-----

4. Zulkifli Hidayat, S.T. M.Sc. (Penguji)  
NIP. 197012251999031002

  
-----

Direktur Program Pascasarjana,

**Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.**  
NIP. 196404051990021001

# **DESIGN SISTEM PENGENDALI ADAPTIF *FUZZY* PADA *MOBILE ROBOT* UNTUK MENGHIDARI HALANGAN**

Nama mahasiswa : ABD. KHOLIQ  
NRP : 2204 202 011  
Pembimbing : Ir. Katjuk Astrowulan, MSEE.  
Co-Pembimbing : Ir. Rusdhianto Effendi, M.T.

## **ABSTRAK**

Otomatisasi dalam mengemudikan kendaraan telah banyak menjadi subyek penelitian saat ini terutama menggunakan *intelligent control* (kendali cerdas). Penggunaan kendali cerdas bertujuan agar dapat memodifikasi perubahan perilaku yang terjadi pada plant akibat karakter plant yang berubah atau adanya gangguan dari luar secara on line.

Pada penelitian ini akan didesain sebuah pengendali adaptif *fuzzy* pada mobile robot. Tujuan dari penggunaan adaptif *fuzzy* ini adalah untuk mengontrol perubahan tingkah laku pada mobile robot. Perubahan tingkah laku ini disebabkan adanya perubahan posisi dan kecepatan dalam melintasi suatu lintasan yang penuh halangan.

Hasil dari design dan pengujian kontrol adaptif *fuzzy* pada mobile robot, didapat kesalahan perhitungan sebesar 5,3 % pada pengujian posisi derajat mobile robot dan 3,9 % pada jarak mobile robot dengan halangan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa performa kontrol adaptif *fuzzy* yang telah didesign cukup baik.

**Kata kunci** : *mobile robot, Intelligent control, adaptif fuzzy.*

# ***DESIGN OF ADAPATIVE FUZZY CONTROLLER FOR ROBOT MOBIL AT DISAPPEAR OF OBSTACLES***

By : ABD. KHOLIQ.  
Regristation Number : 2204 202 011  
Supervisor : Ir. Katjuk Astrowulan, MSEE  
Co-Supervisor : Ir. Rusdhianto Effendi, MT

## ***ABSTRACT***

*Automation in driving vehicle have many become subject research now particularly used Intelligent control. Intelligent control application have many getting the credit of particularly in surveys in robotic sector. Intelligent control use purpose is so that can modify behavioral changes happened in plant that controlled result plant character that change or existence disruption outside by on line.*

*In this research will be designed a fuzzy's adaptive controlling in robot mobil that aimed to control mobile robot that own behavioural modification, in this case is change position and speed in cross something path that is full obstacle.*

*The result of design and fuzzy's adaptive testing control in mobile robot, obtained result performance that is good. Can be seen from result testing obtained by mistake 5,3 % in mobile degree position testing robot and 3,9% in mobile distance robot with obstacle.*

*Keyword : adaptive fuzzy, mobile robot, tracking.*

## **KATA PENGANTAR**

Puji Syukur Alhamdulillah, kami haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kekuatan lahir dan bathin kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tesis ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Katjuk Astrowulan, MS.EE, dan Bapak Ir. Rusdhianto Effendi, MT. selaku dosen pembimbing, Bapak Ir. Rusdhianto Effendi, MT. selaku dosen wali dan seluruh staf pengajar Teknik Sistem Pengaturan ITS yang telah banyak memberikan bimbingan kepada penulis selama melaksanakan tugas belajar di Jurusan Teknik Elektro ITS.
2. Bapak Prof. Dr. H. Haris Supratno selaku Rektor UNESA, Bapak Dr. Budi Djatmiko, M.Pd. selaku Pembantu Rektor I UNESA, Ibu Dr. dr. Tjandra Kirana M. Sjaifullah Noer, M.S selaku Dekan FMIPA UNESA, Bapak Drs. Hainur Rasyid Achmadi selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNESA yang telah memberi kesempatan penulis dalam melanjutkan program magister. Serta seluruh staf Jurusan Fisika FMIPA UNESA yang banyak memberikan dorongan moril kepada penulis.
3. Bapak, Ibu Saudara-saudaraku yang selalu memberikan do'a dan semangat kepada penulis.
4. Istriku tercinta Anggraeni Teti Kusumawati, S.Si dan anakku tersayang Roichanah Zahroh Alhaniyah & Rafi' Syarifuddin Alhaniyah sebagai sumber inspirasiku dan selalu mendo'akan atas kesuksesan penulis, serta keluarga di Gresik, Surabaya maupun di Cepu yang selalu mendukung, mendorong dan memberi semangat hingga terselesaikannya tesis ini.

Akhirnya kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan untuk peningkatan kualitas penelitian dan penulisan di masa yang akan datang. Semoga Allah mencurahkan hidayah dan bimbingan-Nya kepada kita semua, Amin 3x yaa robbal alamin.

Penulis

## DAFTAR ISI

Judul .....	i
Halaman Persetujuan.....	ii
Abstrak .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar .....	vii
Daftar Tabel .....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Kontroler <i>Fuzzy</i> .....	6
2.1.1 <i>Fuzzy set</i> (Himpunan <i>fuzzy</i> ) .....	8
2.1.2 <i>Fuzzy</i> sistem .....	8
2.1.3 Pengendalian <i>Fuzzy</i> .....	12
2.2 Kontroler <i>Fuzzy</i> adaptif.....	14
2.3 Gerakan <i>Mobile Robot</i> .....	18
2.4 Mikrokontroler AT89C51 .....	18
2.5 Sensor.....	20
2.5.1. Sensor Ultrasonik .....	21
2.5.2. Magnetic kompas digital .....	21
2.6 LED ( <i>Light Emitting Diode</i> ) .....	22
2.7 OP-AMP ( <i>Operational Amplifier</i> ) .....	23
2.8 <i>Driver motor</i> / IC L293D .....	24



<b>BAB III PERANCANGAN <i>MOBILE</i> ROBOT DENGAN ADAPTIF <i>FUZZY</i></b>	
3.1 Perancangan <i>Mobile Robot</i> .....	26
3.1.1 Model Kinematika .....	26
3.1.2 Diagram blok system pengendalian .....	28
3.2 Algoritma Pengendalian <i>Mobile Robot</i> .....	28
3.3 Pengujian <i>Mobile Robot</i> .....	29
3.3.1. Pengujian Derajat Posisi <i>Mobile Robot</i> .....	30
3.3.2. Pengujian Jarak <i>Mobile Robot</i> dengan halangan .....	31
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 <i>Mobile Robot</i> Hasil Rancangan .....	32
4.2 Pengujian <i>Mobile Robot</i> .....	34
4.2.1. Pengujian Derajat Posisi <i>Mobile Robot</i> .....	34
4.2.2. Pengujian Jarak <i>Mobile Robot</i> dengan halangan .....	35
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran .....	38
DAFTAR PUSTAKA .....	40
LAMPIRAN .....	41





## **DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Pengujian Derajat Posisi Mobile Robot.....	34
Tabel 4.2 Pengujian Jarak Mobile Robot dengan Halangan.....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Dasar Sistem Pengendalian Logika <i>Fuzzy</i> .....	7
Gambar 2.2 Konfigurasi Sistem <i>Fuzzy</i> .....	9
Gambar 2.3 Blok Diagram Sistem <i>Fuzzy Adaptif</i> .....	14
Gambar 2.4 Konfigurasi Sistem Logika <i>Fuzzy</i> .....	14
Gambar 2.5 Sistem Kontrol <i>Fuzzy Adaptif</i> langsung .....	16
Gambar 2.6 Sensor Ultrasonik.....	21
Gambar 2.7 Magnetic Kompas Digital .....	22
Gambar 2.8 LED ( <i>Light Emitting Diode</i> ) .....	23
Gambar 2.9 Simbol Op-Amp dan Rangkaian Equivalen Op-Amp.....	23
Gambar 2.10 Driver Motor / IC L293D .....	24
Gambar 3.1 Sistem Koordinat Global untuk Mobile Robot .....	26
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian Mobile Robot .....	28
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Pengendalian Mobile Robot .....	29
Gambar 3.4 Pengujian Derajat Posisi Mobile Robot .....	30
Gambar 3.5 Pengujian Jarak Mobile Robot dengan Halangan .....	31
Gambar 4.1 Bagian-bagian Mobile Robot .....	32
Gambar 4.2 Mobile Robot Tampak Depan .....	33
Gambar 4.3 Mobile Robot Tampak Belakang .....	33
Gambar 4.4 Mobile Robot Tampak Samping Kanan.....	33
Gambar 4.5 Mobile Robot Tampak Samping Kiri.....	34

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Otomatisasi dalam mengemudikan kendaraan telah banyak menjadi subyek penelitian saat ini. Teknologi otomobil terus dikembangkan dan industri otomotif juga terus menerus mengembangkan sistem pada mobil yang dapat mengurangi kebutuhan pengemudi dalam memonitor dan mengendalikan semua aspek kendaraan. Salah satu bentuk penerapan teknologi pada industri otomotif tersebut adalah pengembangan suatu teknik pengendalian pada otomobil agar mampu mengikuti (*tracking*) suatu lintasan (*path*) secara otomatis.

Sementara itu keefektifan otomobil dalam melakukan tugas mengemudikan kendaraan dapat dikembangkan dengan memberikannya kemampuan perencanaan gerakan *on-line* untuk pemapakan suatu obyek. Beberapa literatur penelitian telah menyebutkan secara luas tentang masalah perencanaan gerakan (*motion planning*) untuk satu atau lebih robot yang bergerak melalui sejumlah halangan (*obstacles*) menuju suatu sasaran. Menghindari halangan merupakan syarat utama dalam perencanaan gerakan dari sebuah mobil robot.

Ditinjau dari sudut pandang teori kontrol, telah banyak kemajuan pengembangan kontroler dalam bidang robotika, seperti kontrol proporsional-integral-derifatif (PID), kontrol *feedforward* dan *computed torque*, kontrol adaptif,

dan kontrol *fuzzy*. Kontrol *fuzzy* merupakan salah satu kontroler cerdas (*intelligent controller*) yang dapat mengendalikan suatu peralatan secara *online*.

Kontroler cerdas menggunakan model atau proses berdasarkan pengalaman yang umumnya menghasilkan suatu model yang lebih menekankan performansi proses input/output berlangsung. Pada kontroler logika *fuzzy* (*fuzzy logic*) untuk memperoleh performansi yang diinginkan diperlukan pengetahuan yang cukup tentang plant yang akan dikontrol sehingga dapat menentukan aturan (*rule*) yang tepat dan variabel linguistik yang sesuai. Sedangkan sistem pengendalian *Neural Network* harus belajar atau dilatih, *Neural Network* dikarakterisasikan dengan algoritma pembelajaran (*learning algorithm*) dan pelatihan (*training*) serta fungsi aktivasi (*activation function*).

Sementara itu kontrol adaptif merupakan salah satu penerapan dari beberapa teknik identifikasi sistem untuk memperoleh suatu model proses dan lingkungannya dari eksperimen input-output dan menggunakannya dalam desain suatu kontroler. Pada dekade terakhir, telah dilakukan usaha-usaha penelitian terhadap rancangan kontrol adaptif untuk sistem non-linier melalui linierisasi *feedback*, dengan mentransformasikan sebuah sistem non-linier menjadi linier, kemudian metode desain kontrol linier diterapkan untuk mendapatkan performansi yang diharapkan. Metodologi kontrol adaptif melibatkan algoritma kontrol adaptif langsung (*Direct Adaptive Control*) dan kontrol adaptif tak langsung (*Indirect Adaptive Control*).

Saat ini kombinasi antara kontrol adaptif dan sistem logika *fuzzy* telah banyak mendapat perhatian terutama dalam penelitian-penelitian di bidang robotik. Beberapa metode telah diajukan dimana sistem logika *fuzzy* digunakan

untuk mengaproksimasi struktur *plant* secara *online*. Ketika menggunakan metode kontrol berbasis model, ketidakpastian parameter dan kondisi dinamik beban dapat memperburuk keakuratan *tracking*. Dan salah satu tujuan penggunaan kontrol adaptif *fuzzy* adalah agar dapat memodifikasi perubahan perilaku yang terjadi pada plant yang dikontrol akibat karakter plant yang berubah atau adanya gangguan luar. Pada penelitian ini terjadi perubahan kecepatan dan posisi dalam rangka menghindari halangan selama gerakan mobile *robot*.

Dengan memperhatikan keunggulan kontrol adaptif *fuzzy* dalam penyelesaian masalah pemodelan dan kontrol pada plant dengan ketidakpastian parameter maka dalam penelitian ini dilakukan perancangan suatu sistem pengendali mobil robot dengan metode adaptif *fuzzy* untuk mengikuti lintasan pada lingkungan yang penuh dengan halangan.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Salah satu alasan utama perlunya otomatisasi pada kendaraan adalah keamanan bagi pengendara. Karena sebagian besar kecelakaan yang terjadi disebabkan oleh kesalahan manusia (*human error*) dan dengan mengeliminasi error tersebut akan dapat mengurangi kecelakaan di jalan raya.

Kesalahan seseorang dalam mengemudikan kendaraan seringkali disebabkan oleh beberapa faktor seperti kelelahan dan kebingungan. Selama mengemudikan kendaraan di jalan raya, seorang pengemudi harus tetap memonitor kondisi jalan pada suatu periode waktu yang cukup lama. Selain itu, seorang pengemudi juga sering mengalami kebingungan dalam tugas



mengemudinya akibat berbicara dengan penumpang yang lain, membunyikan *radio/tape*, atau menggunakan *handphone*, dan lain-lain.

Oleh karena itu pada penelitian ini diajukan suatu pendekatan baru tentang perancangan sistem pengendali otomatis pada suatu mobil (*otomobil*), dimana sistem pengendaliannya menggunakan salah satu metode kecerdasan buatan yang dikenal dengan adaptif *fuzzy*.

Perancangan dan pengendalian mobil robot dengan adaptif *fuzzy* tersebut diharapkan dapat mengikuti lintasan secara otomatis dalam suatu lingkungan yang sarat dengan halangan. Sistem pengendalian mobil robot tersebut nantinya dapat diterapkan pada industri otomobil untuk kenyamanan dan keamanan pengemudi dalam berkendara.

### **1.3. Batasan Masalah**

Penelitian ini dilakukan dengan batasan pembahasan sebagai berikut:

1. Mobil robot yang dirancang berupa sebuah miniatur otomobil yang memiliki ukuran panjang sekitar 42 cm, lebar 19 cm, dan tinggi 10 cm dengan sensor ultrasonik yang terletak pada bagian depannya, dimana sistem penggeraknya menggunakan sistem listrik dengan motor DC dan sistem perencanaan gerakan pada otomobil dengan metode PTP (*point to point motion*) menggunakan Mikrokontroler AT90S8535.
2. *Mobile* robot yang dirancang dapat bergerak ke arah depan dengan kemampuan roda depan dapat berbelok maksimal  $45^0$ .
3. Terdapat beberapa halangan yang telah diketahui pada lintasan yang akan dilalui.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan melakukan penelitian ini adalah merancang suatu sistem pengendali mobile robot dengan metode adaptif *fuzzy* yang diharapkan dapat mengatasi terjadinya perubahan kecepatan dan posisi dalam rangka mengikuti lintasan pada lingkungan yang penuh dengan halangan yang telah diketahui..

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan gambaran tentang aplikasi metode *adaptif fuzzy* pada pengendalian mobile robot.
2. Memberikan kontribusi pada penelitian-penelitian yang berhubungan dengan pengendalian mobile robot dengan menggunakan *intelligent control (adaptif fuzzy)*.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan untuk diterapkan dalam industri otomotif.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2. 1. Kontroler *Fuzzy*

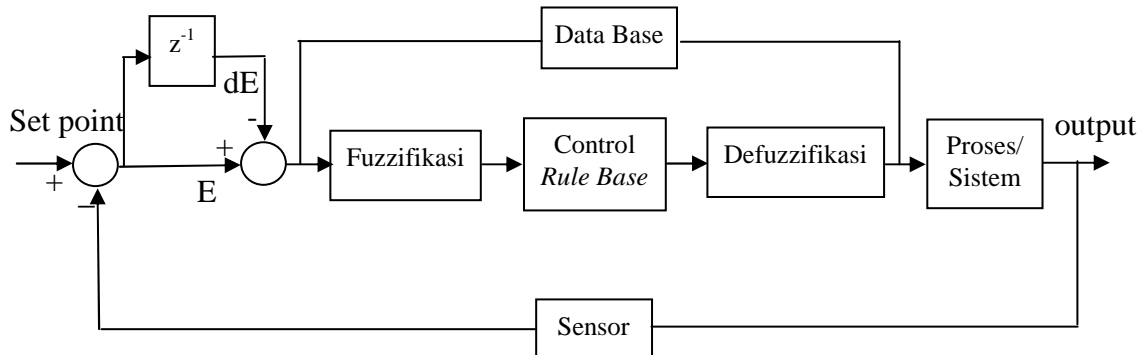
Teori himpunan *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh pada tahun 1965 dalam papernya yang berjudul “*Fuzzy Set*”. Dalam paper tersebut dipaparkan ide dasar himpunan *fuzzy* yang meliputi *inclusion*, *union*, *intersection*, *complement*, *relation*, dan *convexity*. Ide tersebut terus dimatangkan oleh Zadeh dalam beberapa papernya yang lain.

Logika *fuzzy* dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang kontrol, ini dilakukan pertama kalinya oleh Prof. Ebrahim Mamdani dan kawan-kawan yang berasal dari Quenn Marry College London. Aplikasinya meliputi proses pada tangki pencampuran, dan mesin uap, semua dalam skala lab. Kemudian dikembangkan oleh ahli kontrol dari Jepang misalnya : Prof. Sugeno dan kawan-kawan serta Prof. Yamakawa.

Aplikasi Logika *fuzzy* hampir tak terbatas. Misalnya kontrol proses, proses produksi, manajemen skala besar, teknik sipil, kimia, transportasi, kedokteran, ekonomi serta dalam bidang robotika.

Perkembangan teori *fuzzy* dan penerapannya terus berlanjut. Arah perkembangannya kemudian mengarah kepada *self-organizing fuzzy logic* atau dikenal pula sebagai *self-tuning fuzzy control*, yaitu suatu algoritma *fuzzy* yang mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan dan/atau *plant*. Kecendrungan yang lain adalah pengkayaan algoritma PID (Proporsional, Integral, Derifatif) menjadi pengendali PID yang dapat berubah parameternya dengan memanfaatkan

teori *fuzzy*, berdasarkan perubahan lingkungannya. Karena memang pengendali PID seringkali dijadikan sebagai bahan perbandingan untuk menunjukkan keunggulan pengendali *fuzzy* terhadap pengendali PID.



**Gambar 2.1.** Struktur Dasar Sistem Pengendalian Logika *Fuzzy*

Algoritma sistem pengendali logika *fuzzy* terdiri atas tiga proses utama, yaitu: fuzzifikasi, kontrol *rule base*, dan defuzzifikasi. Struktur dasar sistem pengendalian logika *fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Pada beberapa sistem rekayasa terdapat dua sumber informasi yang penting, yaitu sensor dan tenaga ahli (*human expert*). Informasi dari sensor berupa informasi numerik, sedangkan informasi dari tenaga ahli biasa disebut informasi linguistik. Pendekatan rekayasa konvensional (*konvensional engineering aproach*) hanya memanfaatkan informasi numerik dan sedikit sekali/sulit untuk dapat memanfaatkan informasi linguistik. Padahal banyak pengetahuan manusia yang dinyatakan dengan istilah-istilah linguistik, dimana memadukannya dengan sistem rekayasa secara sistematis dan efisien sangat penting.

Informasi linguistik biasanya disajikan dengan istilah-istilah yang kabur alias *fuzzy*. Sebagai contoh, pengetahuan kita tentang suatu proses kimia mungkin hanya dapat dinyatakan dengan istilah-istilah yang *fuzzy*, seperti: “kalau suhunya *naik* dan alirannya *tinggi* maka tekanannya akan bertambah *tinggi*”. Oleh karena

itu, penting bagi kita agar dapat menggunakan dan mengolah informasi *fuzzy* tersebut untuk menyelesaikan persoalan-persoalan ilmiah.

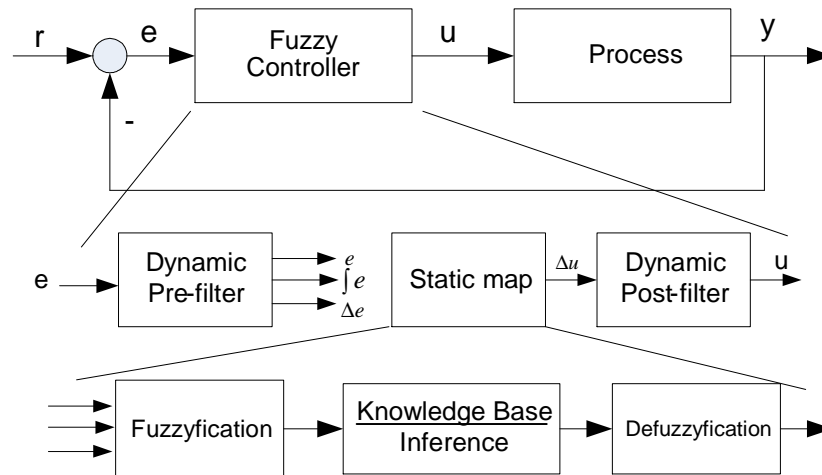
### **2.1.1 *Fuzzy Set (Himpunan Fuzzy)***

Menurut Jose Galindo (2006), Teori himpunan secara konvensional menyatakan bahwa: suatu elemen berada di dalam atau di luar suatu himpunan. Teori *fuzzy* menyatakan bahwa suatu elemen mempunyai derajat keanggotaan terhadap beberapa himpunan. Sehingga pada sistem *fuzzy* perlu dinyatakan sebuah fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan merepresentasikan hubungan antara variabel dan derajat keanggotaan *fuzzy*. Derajat keanggotaan biasanya dinyatakan dalam angka antara 0 dan 1, dimana 0 menyatakan suatu elemen tidak termasuk dalam fungsi keanggotaan sama sekali. 1 menunjukkan keanggotaan penuh suatu elemen. Angka diantara 0 dan 1 menunjukkan tingkat keanggotaan sebagian suatu elemen terhadap suatu himpunan. Hal ini dapat ditulis mengikuti :  $A(x)=[0;1]$  untuk  $x \in U$ , yang mana  $A(x)$  adalah fungsi keanggotaan dan  $U$  adalah semesta pembicaraan yang menyatakan keseluruhan variabel  $x$ .

### **2.1.2. *Fuzzy System***

Kontroler *fuzzy* merupakan sekumpulan aturan-aturan yang digunakan untuk menentukan aksi kontrol. Setiap aturan merupakan pernyataan linguistik berupa aksi kontrol untuk memperoleh respon sistem sesuai *set-point*. Aturan-aturan tersebut secara familiar berformat *If-then* sebagai berikut : “*If (condition) then (action)*”. Kumpulan dari aturan-aturan tersebut dinamakan *rule-base*. Ide dasar kontroler *fuzzy* adalah : memformulasikan himpunan yang terdiri dari aturan-aturan untuk operasi otomatis didasarkan pada pengalaman dan

pengetahuan pengendalian oleh manusia dari suatu proses. Ilustrasi dasar konfigurasi sistem *fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 2.2 dibawah ini (Galindo, 2006).



**Gambar 2.2** Konfigurasi Sistem *Fuzzy*

*Data processing* bertugas untuk memproses data yang siap digunakan sebagai *input* untuk sistem *fuzzy* statik. Kegiatan yang dilakukan pada *dynamic pre-filter* berupa:

- ❑ *Signal scaling* :
- ❑ Besaran fisis yang dijadikan sebagai *input* sistem *fuzzy* mempunyai *magnitude* yang berbeda-beda. Dibutuhkan penskalaan sinyal *input* dengan normalisasi nilai antara -1 dan 1 [-1,1].
- ❑ *Dynamic filtering* :
- ❑ Pada kontroler PID *fuzzy*, filter linier digunakan untuk memperoleh derivatif dan integral dari *error*, *e*. Nonlinier filter didapat dari *observer* non-linier dan selanjutnya pada pengendalian *adaptive fuzzy* digunakan untuk memperoleh parameter estimasi sistem *fuzzy*.

- *Fuzzyfikasi* :
- *Fuzzyfikasi* melakukan *mapping* hasil *input* yang telah dipre-*processing* ke dalam himpunan *fuzzy* yang dinyatakan sebagai fungsi keanggotaan.
- *Rule base*:  
Pengetahuan dan pengalaman dinyatakan ke dalam beberapa pernyataan *if – then* yang selanjutnya sekumpulan dari pernyataan tersebut merupakan suatu *fuzzy rule-base*.

Terdapat tiga macam model *fuzzy*, yaitu:

1) Model *fuzzy* linguistik (*Model Mamdani*)

Secara umum model Mamdani dinyatakan dengan :  $R_j$ , Jika  $x_i$  adalah  $A_{1,j}$  dan ....dan  $x_n$  adalah  $A_{n,j}$  maka  $y$  adalah  $B_j$ . yang mana  $R_j$  menunjukkan aturan ke- $j$ ,  $j=1, \dots, N_r$ .  $N_r$  merupakan jumlah aturan.  $x_i$  merupakan variabel *antecedent* yang merupakan *input* sistem *fuzzy*.  $A_{i,j}$  dan  $B_j$  merupakan himpunan *fuzzy* yang menggambarkan fungsi keanggotaan.

2) Model *fuzzy* relasi

Model relasi *fuzzy* didasarkan pada relasi-relasi *fuzzy* dan relasi beberapa persamaan. Model ini dapat digeneralisasi sebagai model linguistik, yang mengizinkan suatu variabel *antecedent* dinyatakan dalam relasi *fuzzy*.

3) Model *fuzzy* Takagi Sugeno (TS)

Pada model TS, *consequent* merupakan fungsi variabel *input*  $f_j(x)$ , yang dinyatakan dengan  $R_j$  : Jika  $x_1$  adalah  $A_{1,j}$  dan... dan.... $x_n$  adalah  $A_{n,j}$  maka  $y=f_j(x)$ . Model *fuzzy* mamdani yang memiliki

*consequent single tone* biasanya digunakan untuk pengendalian *loop* tertutup secara langsung (*direct*), sedangkan sistem *fuzzy* TS digunakan sebagai kontroler tersupervisi dari model dinamis.

Inferensi didefinisikan sebagai logika pembuatan keputusan yang akan menentukan keluaran (*output*) *fuzzy* dan berhubungan dengan masukan (*input*) yang telah *defuzzyfikasi*, sesuai dengan aturan *fuzzy*. Perancang harus mengkhususkan jenis operator yang digunakan, apakah perkalian, irisan, ataukah selisih.

*Defuzzyfikasi* dilakukan untuk mengubah keluaran (*output*) yang masih dalam bentuk derajat keanggotaan ke dalam bentuk variabel numerik. Ada dua metode *defuzzyfikasi* yang umum digunakan adalah : metode MOM ( *Maximum of Mean*) dan metode COA ( *Centre Of Area*).

Metode MOM ( *Maximum of Mean*) yang didefinisikan sebagai :

$$v_o = \sum_{j=1}^J \frac{v_j}{J} \quad (2.1)$$

$$v_j = \max_{v \in V} \mu_v(v) \quad (2.2)$$

dengan :

$v_o$  = nilai *output*

$J$  = Jumlah harga maksimum

$v_j$  = nilai *output* maksimum ke- $j$

$\mu_v(v)$  = derajat keanggotaan elemen-elemen pada *fuzzy set*  $V$

$V$  = semesta pembicaraan.



Metode COA (*Centre Of Area*) yang didefinisikan sebagai :

$$v_o = \frac{\sum_{k=1}^m v_k \mu_v(v_k)}{\sum_{k=1}^m \mu_v(v_k)} \quad (2.3)$$

dengan:

$v_o$  = output

$m$  = tingkat kuantisasi

$v_k$  = elemen ke- $k$

$\mu_v(v_k)$  = derajat keanggotaan elemen-elemen pada *fuzzy set*  $v$

$V$  = semesta pembicaraan

Selanjutnya kegiatan yang dilakukan pada *post-processing* berupa:

- ❑ *Signal scaling* : merupakan denormalisasi *gain* untuk mengembalikan sinyal aktuator ke dalam bentuk fisis.
- ❑ *Dynamic filtering*: melakukan aksi *smoothing* dan merupakan filter non-linier.

### 2.1.3. Pengendalian Fuzzy

Menurut Wang (1994), terdapat dua jenis pengendalian *fuzzy* yaitu: pengendalian secara langsung (*direct fuzzy control*) dan pengendalian tersupervisi (*supervisory fuzzy control*). Dari kedua macam pengendalian tersebut, dikategorikan empat sumber untuk memperoleh aturan *fuzzy* yaitu:

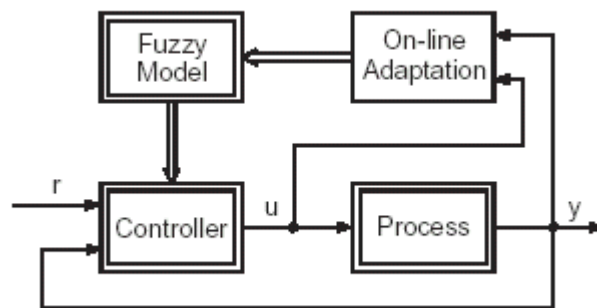
- a Berdasarkan pengalaman manusia serta pengetahuan tentang teknik pengendalian yang biasanya ditanyakan pada operator atau *expert*.
- b Berdasarkan aksi kontrol yang sering dilakukan operator; dalam hal ini aturan dinyatakan dalam hubungan *input/output*.
- c Berdasarkan model *fuzzy* dari suatu proses; sebuah *rule base* linguistik dinyatakan sebagai *inverse* dari suatu model proses yang mana aturan pengendalian *fuzzy* didapatkan dari model *inverse* dari proses tersebut.

Metode ini terbatas untuk sistem-sistem dengan orde rendah saja, namun cukup memberikan solusi secara jelas untuk sistem *fuzzy loop* terbuka ataupun *loop tertutup*. Pendekatan yang lain adalah pengidentifikasian dengan *fuzzy* atau yang dinamakan *fuzzy model-based control*.

- d Berdasarkan pada hasil pembelajaran (*adaptive fuzzy control*); Sistem adaptif digunakan untuk mengurangi campur tangan manusia dalam proses pengendalian yang bertujuan untuk : menambah tingkat fleksibilitas algoritma pengaturan, meningkatkan performa pengendalian dan mengurangi waktu serta ongkos disain awal. Kemampuan belajar adalah salah satu ciri dari pengendalian cerdas. Cerdas berarti kontroler dapat memperbaiki performa pada saat sekarang atau pada saat yang akan datang dengan mempertimbangkan informasi yang didapat pada saat yang telah lewat. Untuk kebutuhan ini selanjutnya para ilmuwan mengembangkan sistem *fuzzy* yang mempunyai kemampuan untuk belajar (*learning*). Saat ini telah dikembangkan jaringan syaraf tiruan (*neural network*) dan sistem logika *fuzzy*. Keuntungan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan dikarenakan mudah dalam proses pembelajaran (*learning*) serta mempunyai sifat yang konvergen namun jaringan syaraf tiruan samar dalam menginterpretasikan suatu model, sebaliknya *fuzzy* dapat memberikan interpretasi secara linguistik, sehingga gabungan antara *fuzzy* dan *neural network* (*Neuro-Fuzzy*) akan dapat mengurangi kelemahan keduanya.

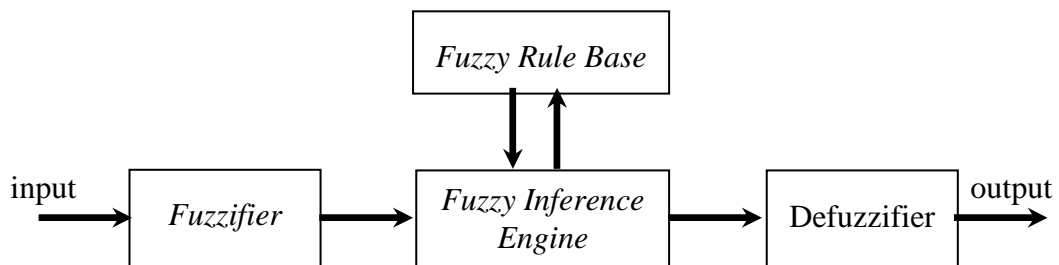
## 2.2. Kontroler Fuzzy Adaptif

Salah satu metode yang secara efektif mampu mengkombinasikan informasi numerik dan linguistik serta mememanfaatkannya untuk menyelesaikan masalah-masalah kontrol adalah sistem *fuzzy adaptif*, yang didefinisikan sebagai sistem logika berbasis *fuzzy* yang dilengkapi dengan suatu algoritma pembelajaran sehingga dapat dilakukan adaptasi secara *online*. Blok diagram dari sistem *fuzzy adaptif* tersebut ditunjukkan pada pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Blok Diagram Sistem *Fuzzy Adaptif*

Konfigurasi dasar dari suatu sistem logika *fuzzy* terdiri dari *fuzzifier*, beberapa aturan *fuzzy IF-THEN*, sebuah mesin *fuzzy inference*, dan sebuah *defuzzifier* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4.** Konfigurasi Sistem Logika *Fuzzy*  
X. Jiang, Y. Motai, X. Zhu, 2004

Mesin *fuzzy inference* memproses aturan-aturan *fuzzy IF-THEN* untuk melakukan pemetaan dari vektor input  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T \in U \subset R^p$  ke vektor output  $\mathbf{y} = (y_1, y_2, \dots, y_q)^T \in V \subset R^q$ . Aturan *fuzzy* ke- $i$  ditulis

$$R^i : \text{if } x_1 \text{ is } A_1^i \text{ and } \dots \text{ and } x_p \text{ is } A_p^i \text{ then } \mathbf{y} \text{ is } \mathbf{y}^i \quad (2.4)$$

dimana  $A_1^i, A_2^i, \dots, A_p^i$  adalah variabel-variabel *fuzzy* dan  $\mathbf{y}^i$  adalah sebuah vektor *Singleton*. Dengan menggunakan *product inference*, *center-average*, dan *fuzzifier Singleton*, maka output sistem *fuzzy* dapat dinyatakan sebagai

$$\mathbf{y}(x) = \hat{\Omega}(x|\Theta) = \frac{\sum_{i=1}^r y^i \left( \prod_{j=1}^p \mu_{A_j^i}(x_j) \right)}{\sum_{i=1}^r \left( \prod_{j=1}^p \mu_{A_j^i}(x_j) \right)} = \Theta \xi(x) \quad (2.5)$$

dimana :  $\mu_{A_j^i}(x_j)$  adalah nilai fungsi keanggotaan variabel *fuzzy*  $x_j$

$r$  adalah jumlah aturan *fuzzy*

$$\Theta = \begin{pmatrix} y_1^1 & y_1^2 & \dots & y_1^r \\ y_2^1 & y_2^2 & \dots & y_2^r \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_q^1 & y_q^2 & \dots & y_q^r \end{pmatrix} \text{ adalah vektor yang dapat diatur, dan}$$

$$\xi^T = (\xi^1, \xi^2, \dots, \xi^r)$$

$$= \prod_{j=1}^p \mu_{A_j^i}(x_j) \left/ \sum_{i=1}^r \left( \prod_{j=1}^p \mu_{A_j^i}(x_j) \right) \right. \text{ adalah fungsi berbasis } \textit{fuzzy} \text{ (FBF).}$$

Kontrol *fuzzy* melibatkan berbagai pendekatan berbeda untuk pemecahan masalah kontrol. Dalam kasus kontrol berbasis aturan (*rule*) misalnya, kontroler didefinisikan sebagai arti aturan-aturan linguistik yang dapat dibaca. Kontrol linier mendefinisikan suatu himpunan kontroler linier lokal, bertindak pada zona

state space berbeda yang dihubungkan untuk menghasilkan respon yang diharapkan. Kontrol berbasis model mendefinisikan sebuah model *fuzzy* yang dapat di-*tuning* pada data yang tersedia dari proses. (Fu, K.S., Gonzales, R.C., Lee, C.S.G, 1987).

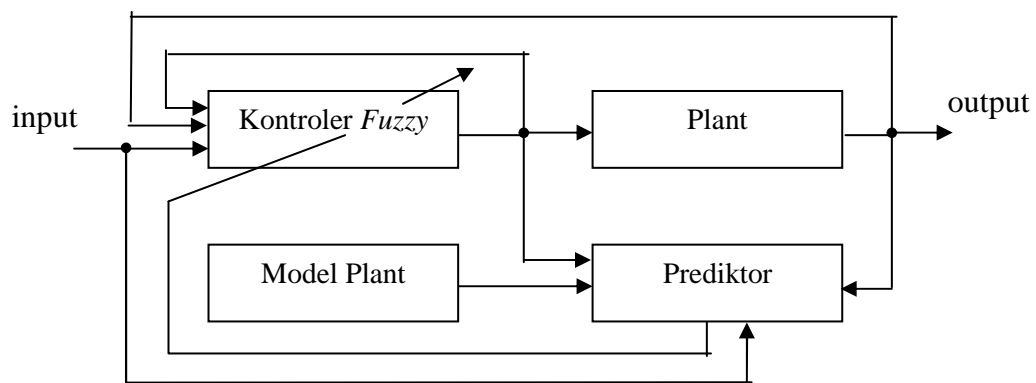
Kontrol *fuzzy* adaptif langsung (*Direct Adaptive Fuzzy Control / DAFC*) hampir sama dengan kontrol Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dimana kotak JST digantikan dengan model *fuzzy*. Sebagaimana dalam kasus kontrol JST, algoritma adaptif berbasis gradien, dan memenuhi adaptasi kontroler yang terus menerus secara *online*. (Fu, K.S., Gonzales, R.C., Lee, C.S.G, 1987).

Gambar 2.5 menunjukkan struktur sistem kontrol *fuzzy* adaptif langsung yang terdiri dari:

- Plant yang akan dikontrol;
- Model dari plant;
- Prediktor;
- Kontroler *fuzzy*;

Asumsikan suatu *plant* dengan  $n$  *input* dan  $m$  *output* yang dinyatakan dalam bentuk representasi *input-output* :

$$y_i(k+1) = F_i(y(k), \dots, y(k-p_y+1), u(k), \dots, u(k-p_u+1)), \quad i = 1, \dots, m \quad (2.6)$$



**Gambar 2.5.** Sistem Kontrol *Fuzzy Adaptif Langsung*  
(Fu, K.S., Gonzales, R.C., Lee, C.S.G, 1987).

dimana :  $y_i(k)$  adalah output ke- $i$  dari plant pada waktu  $k$ ,  $\mathbf{u}(k)$  adalah vektor input  $[u_1(k), u_2(k), \dots, u_n(k)]^T$  dan  $\mathbf{y}(k)$  adalah vektor output  $[y_1(k), y_2(k), \dots, y_m(k)]^T$ ,  $\mathbf{F}_i$  adalah fungsi non linier yang belum diketahui, serta  $p_y$  dan  $p_u$  adalah orde struktur sistem untuk output  $i$ .

Jika vektor *regressor*  $\phi_k$  didefinisikan sebagai

$$\phi_k = [y(k), \dots, y(k - p_y + 1), u(k), \dots, u(k - p_u + 1)] \quad (2.7)$$

Persamaan (2.25) dapat ditulis kembali sebagai:

$$y_i(k+1) = F_i[\phi_k, u(k)], i = 1, \dots, m \quad (2.8)$$

atau dalam bentuk notasi vektor menjadi

$$\mathbf{y}(k) = \mathbf{F}[\phi_k, \mathbf{u}(k)] \quad (2.9)$$

Kontrolernya dapat berupa suatu sistem *fuzzy* dan *output*  $\mathbf{u}(k)$  diumpan-balikkan ke dalam *plant*, yang didefinisikan sebagai

$$\mathbf{u}(k) = \mathbf{F}(\mathbf{r}(k), \psi_k; \mathbf{w}) \quad (2.10)$$

dimana :  $\psi_k$  adalah *regressor* yang sama dengan  $\phi_k$ ,  $\mathbf{w}$  adalah himpunan parameter yang menggambarkan kontroler *fuzzy* dan  $\mathbf{r}(k)$  adalah vektor sinyal referensi  $[r_1(k), r_2(k), \dots, r_m(k)]^T$ . Kontroler akan menghasilkan sebuah himpunan aksi kontrol  $\mathbf{u}(k)$  yang akan menggerakkan output *plant*  $\mathbf{y}(k+1)$  pada nilai yang ditentukan oleh vektor  $\mathbf{r}(k)$ . karena dinamika kontroler lebih cepat daripada *plant* yang dikontrol, maka diharapkan input pada waktu  $k$  akan segera mempengaruhi output kontroler.

### **2.3 Gerakan *Mobile Robot***

Proses navigasi dalam suatu lingkungan yang belum diketahui memiliki jangkauan aplikasi yang luas pada robotika canggih. Mula-mula masalah ini dibicarakan baik dengan membuat mobil robot membangun sebuah peta dari lingkungannya (sedikitnya yang dapat dilihat dari posisi awalnya) sebelum perencanaan gerakan, maupun dengan menerapkan beberapa algoritma deterministik yang mampu menangani lingkungan yang belum diketahui.

Jika gerakan yang baru kemudian direncanakan dalam lingkungan yang sama, maka metode pertama memiliki kekurangan karena hanya dapat bekerja dengan baik jika tidak ada perubahan terhadap lingkungan ketika peta telah dibangun, sementara yang kedua tidak dapat mengambil keuntungan dari pengalaman sebelumnya karena tidak memiliki memori jangka panjang.

Penelitian ini membahas mengenai bagaimana sebuah mobil robot digerakkan dengan kecepatan tertentu untuk mencapai suatu tujuan (*goal*) dan diharapkan mobil robot dapat menghindari halangan yang ada dalam daerah sekitar lintasan yang dilaluinya.

### **2.4 Mikrokontroler AT89C51**

AT89C51 merupakan mikrokontroller buatan ATMEL dan masih merupakan anggota keluarga mikrokontroller MCS-51 yang telah dilengkapi dengan *Flash PEROM* didalamnya, sehingga akan sangat mudah dalam perancangan sistem baik untuk single chip maupun yang akan ditambah piranti-piranti pendukung yang lain.

Penggunaan mikrokontroller AT89C51 memiliki beberapa keuntungan dan keunggulan antara lain: Tingkat kehandalan yang cukup tinggi, implementasi

dengan jumlah komponen yang lebih sedikit sehingga memerlukan waktu perencanaan dan pembuatan yang relatif singkat, kemudahan dalam hal pemrogramannya, dan penghematan dalam segi biaya.

Mikrokontroller AT89C51 dikemas dalam bentuk *single IC* 40 pin dengan memori Program Internal (*Flash Memory*) yang mudah untuk dihapus dan diprogram kembali secara berulang-ulang. Dengan beberapa kelebihan tersebut menjadikan mikrokontroller AT89C51 banyak digunakan di berbagai industri dalam bidang Kontrol.

Spesifikasi teknik dari mikrokontroller AT89C51 adalah sebagai berikut:

1. 64 Kbytes 8-bit *Central Processing Unit*.
2. 4096 (4 K) bytes of *In-System Reprogrammable Flash Program Memori*.
3. 128 jalur masukan dan keluaran yang bersifat dua arah dikelompokkan menjadi 4 byte port.
4. Mode yang lebih bervariasi (*Multiplex Mode*) dan kemampuan pemrograman dengan kecepatan tinggi untuk port serial.
5. *Full Duplex* Serial Port.
6. 2 buah 16 bit pewaktu atau counter.
7. Kemampuan pengalamtan ke memori program dan memori data eksternal masing-masing mencapai 64 Kb memori.

Bentuk Dasar Mikrokontroler AT89C51 merupakan sebuah rangkaian minimum system mikrokontroller AT89C51 terdiri dari:

- a. OSILATOR atau pembangkit *sinjal clock*

Pada bagian Osilator dibutuhkan sebuah kristal 12 MHz dan 2 buah kapasitor keramik non polar 30 mikrofarad.



b. Input Reset

Terdiri dari sebuah kapasitor polar 10 mikrofard dan sebuah switch push bottom yang terpasang paralel dengan kapasitor.

## 2.5 Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi/mengukur sesuatu yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor merupakan sensor pengolah sinyal yang terbentuk dalam satu sistem pengindera. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroller sebagai otaknya.

Sensor mempunyai jenis yang bermacam-macam antara lain:

1. Sensor Kedekatan (Proximity)
2. Sensor Magnet (kompas digital)
3. Sensor Cahaya
4. Sensor Ultrasonik
5. Sensor Efek-Hall
6. Sensor Tekanan
7. Sensor Suhu
8. Sensor Kecepatan/RPM
9. Sensor Penyandi (Encoder)

Dari beberapa kategori sensor sinar di atas, sensor yang sering digunakan adalah sensor jenis kedua, ketiga dan keempat yaitu sensor magnet (kompas digital), sensor cahaya dan sensor ultrasonik.

### 2.5.1 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik berfungsi sebagai sensor jarak yang dipergunakan mobile robot mengetahui bahwa pada jarak tertentu di depan mobil robot ada penghalang sehingga mobil robot akan menghindarinya. Sensor ultrasonik yang sering digunakan adalah buatan parallax. Prinsip kerja dari sensor ini adalah menangkap pancaran yang dihasilkan bila pancaran tersebut terpantul oleh benda penghalang.

Spesifikasi dari sensor ini adalah :

1. Input masukan 5V DC
2. Arus yang di butuhka untuk menyuplai perangkat max 35 mA.
3. Bekerja pada range 2 cm sampai 3 m.
4. Bekerja pada frekwensi 40 KHz dalam waktu 200  $\mu$ s

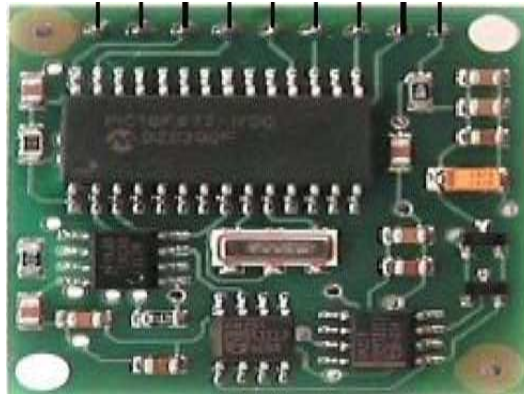


**Gambar 2.6** Sensor Ultrasonic

### 2.5.2 Magnetic Kompas Digital

Sensor *magnetic* kompas digital ini berfungsi sebagai penunjuk arah mobile robot, sehingga mobile robot mengetahui posisi dan orientasi selanjutnya. Sensor magnetic kompas digital ini berjenis CMPSO3. Jenis sensor ini mempunyai klasifikasi :

- a. Output keluarannya dapat menghasilkan data yang dapat menentukan posisi mobile robot sekarang dan kemana arah robot akan mencapai tujuan yang sudah terprogram (orientasi mobile robot).
- b. Menggunakan sensor magnet dengan tipe KMZ 51 yang memproduksi adalah Philip.
- c. Sensor magnet bekerja sebagai penentu arah.
- d. Output keluarannya dapat terbaca dengan dua cara, yaitu dengan PWM dan dengan cara I2C.



**Gambar 2.7** Magnetic kompas Digital

## **2.6 LED (Light Emitting Diodes)**

*LED (Light Emitting Diode)* adalah diode yang ditempatkan dalam suatu wadah yang tembus pandang dan akan menyala apabila dialiri arus listrik. Oleh karena itu, digunakan sebagai indikator pada setiap pesawat elektronika. Tegangan yang melalui diode ini berusarnya antara 1,6 Volt sampai 2,4 Volt, yang ditentukan oleh tipe warnanya. Warna merah  $\pm 1,4$  Volt, hijau  $\pm 2,0$  Volt, dan kuning  $\pm 2,4$  Volt. Arus yang dibutuhkan sebesar 15 sampai 25 mA.

Katode (simbolnya garis lurus) dapat dikenali dari wujud led karena kakinya lebih pendek dibandingkan kaki anodenya.

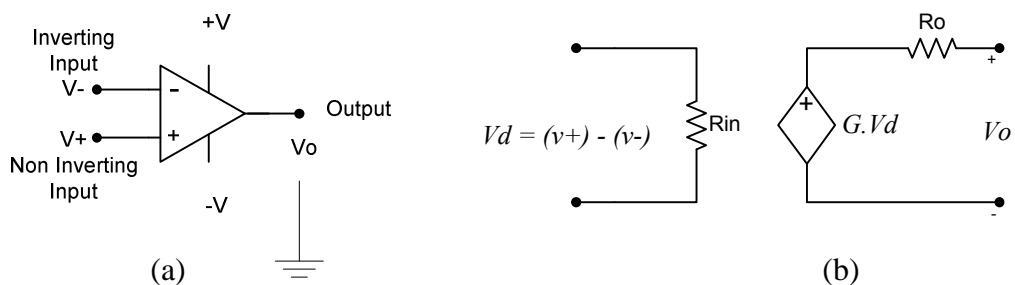


**Gambar 2.8.** Wujud LED

Dari pengukuran karakteristik LED arus yang mengalir pada diode mempunyai hubungan eksponensial terhadap tegangan biasnya, Sehingga Tegangan yang diperlukan LED 1,57 Volt.

## 2.7 OP AMP (Operational Amplifier)

OP AMP (*Operational Amplifier*) adalah sebuah rangkaian terintegrasi (integrated circuit) yang dapat digunakan sebagai komponen dalam pembuatan sebuah amplifier, detektor, filter aktif , pembangkit sinyal, dan lain-lain.



**Gambar. 2.9.** (a) Simbol Op Amp (b) Rangkaian Equivalen Op Amp

Pada gambar di atas digambarkan bahwa sebuah *op-amp* memiliki dua buah jalur masukan/*input* dan sebuah *output*. Tegangan bias untuk mengaktifkan sebuah *op-amp* diberikan pada jalur tegangan +V dan -V. Untuk penggunaan tegangan *supply* dapat digunakan sumber tegangan simetris ( $\pm V_{supply}$ ) atau *single supply*. Dari gambar diatas ,  $V_d$  adalah deferensiasi antara tegangan pada non *inverting* input ( $v_+$ ) dan *inverting* input ( $v_-$ ).

*Op-amp* ideal memiliki karakteristik dasar sebagai berikut :

1. Resistansi Input sangat besar ;  $R_{in} \approx \infty$
2. Resistansi Output sangat kecil ;  $R_{in} \approx 0$
3. Open Loop Gain ;  $G_{OL} \approx \infty$
4. Bandwidth  $\approx \infty$
5.  $V_o = 0$  jika input Non Inverting( $v_+$ ) = input Inverting( $v_-$ )

## 2.8. Driver Motor / IC L293D

Untuk menjalankan Motor DC diperlukan sebuah Driver Motor, Driver Motor ini mempunyai banyak tipe atau versinya, namun yang akan digunakan untuk menjalankan Motor DC pada robot adalah Driver Motor versi *L293D*. *L293D* adalah suatu Driver Motor sirkuit terintegrasi yang dapat digunakan untuk simulasi, yaitu mengendalikan dua kendali motor kecil.



**Gambar 2.10.** Driver Motor / IC L293D

*IC L293D* ini termasuk dalam standard 16 pin dan mempunyai *flyback* dioda untuk memperkecil voltase induktif. *L293D* terbatas pada 600 mA, tetapi pada kenyataannya kebanyakan hanya dapat digunakan pada batasan mA yang kecil, kecuali jika sudah melakukan beberapa percobaan serius untuk menurunkan temperaturnya. Jika *IC L293D* ini dicoba dengan sebuah Motor DC dan pada saat bekerja terasa terlalu panas bila disentuh maka IC ini tidak dapat di gunakan pada Motor DC tersebut.

### **BAB III**

## **PERANCANGAN MOBIL ROBOT**

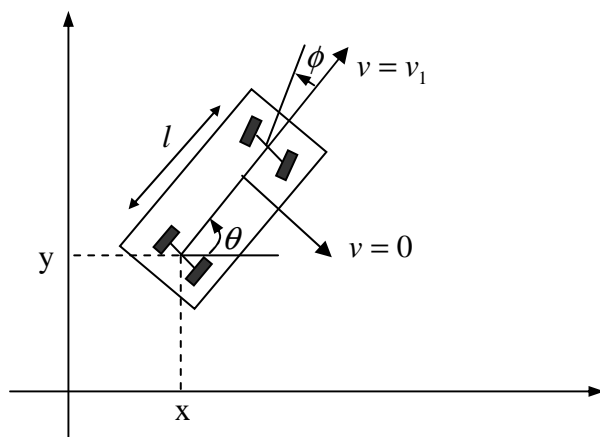
### **DENGAN ADAPTIF FUZZY**

Sebagaimana telah dijelaskan pada bagian pendahuluan bahwa penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu sistem pengendali mobil robot dengan metode adaptif fuzzy untuk mengikuti lintasan pada lingkungan yang penuh dengan halangan.

#### **3.1. Perancangan Mobil Robot**

##### **3.1.1. Model Kinematika**

Model kinematika mobil robot yang akan dirancang dapat diturunkan berdasarkan posisi dan orientasinya dalam sistem koordinat global sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut.



**Gambar 3.1.** Sistem Koordinat Global Untuk Mobil Robot

Pada gambar 3.1, posisi dan orientasi mobil robot tersebut digambarkan menggunakan empat buah koordinat, yaitu koordinat  $(x, y)$  merupakan titik pusat as roda belakang, sudut yang dibentuk oleh mobil terhadap sumbu x dinyatakan dengan  $\theta$ , dan sudut yang dibentuk oleh roda kemudi terhadap sumbu membujur dinyatakan dengan  $\phi$ .

Berdasarkan gambar 3.1, maka kecepatan mobil dalam arah sumbu x dan sumbu y dinyatakan oleh

$$\dot{x} = v_1 \cdot \cos \theta \quad (3.1)$$

$$\dot{y} = v_1 \cdot \sin \theta \quad (3.2)$$

dimana  $v_1$  adalah kecepatan roda belakang dan diasumsikan kecepatan ke arah samping bernilai nol ( $v = 0$ ).

Sedangkan lokasi titik pusat as roda depan  $(x_1, y_1)$  adalah

$$x_1 = x + l \cdot \cos \theta \quad (3.3)$$

$$y_1 = y + l \cdot \sin \theta \quad (3.4)$$

dan kecepatannya diberikan oleh

$$\dot{x}_1 = \dot{x} - l \dot{\theta} \cdot \sin \theta \quad (3.5)$$

$$\dot{y}_1 = \dot{y} + l \dot{\theta} \cdot \cos \theta \quad (3.6)$$

Dengan menerapkan batasan tanpa kelincinan terhadap roda depan, maka

$$\dot{x}_1 \cdot \sin(\theta + \phi) = \dot{y}_1 \cdot \cos(\theta + \phi) \quad (3.7)$$

Substitusikan persamaan (3.5) dan persamaan (3.6) ke dalam persamaan (3.7) dan menyelesaikannya untuk  $\dot{\theta}$  menghasilkan

$$\dot{\theta} = \frac{\tan \phi}{l} v_1 \quad (3.8)$$



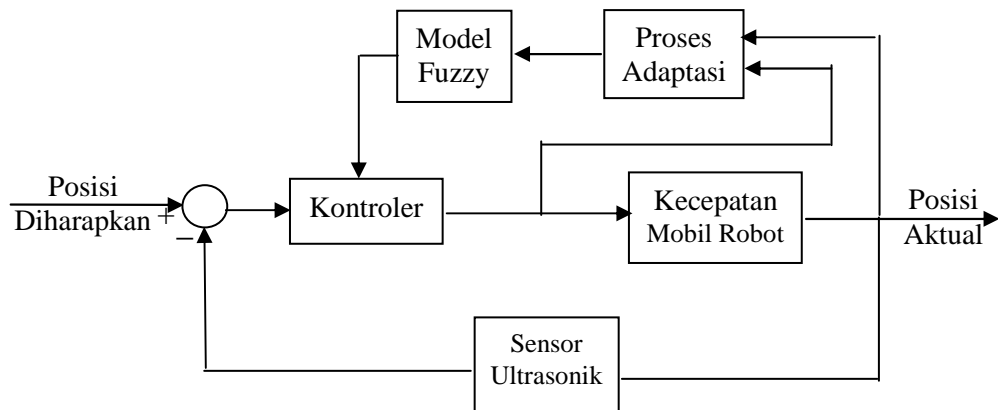
Model kinematik lengkap diberikan oleh

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \\ \frac{\tan \phi}{l} \\ 0 \end{bmatrix} v_1 + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} v_2 \quad (3.9)$$

dimana  $v_1$  adalah kecepatan roda belakang dan  $v_2$  adalah kecepatan sudut dari roda kemudi.

### 3.1.2. Diagram Blok Sistem Pengendalian

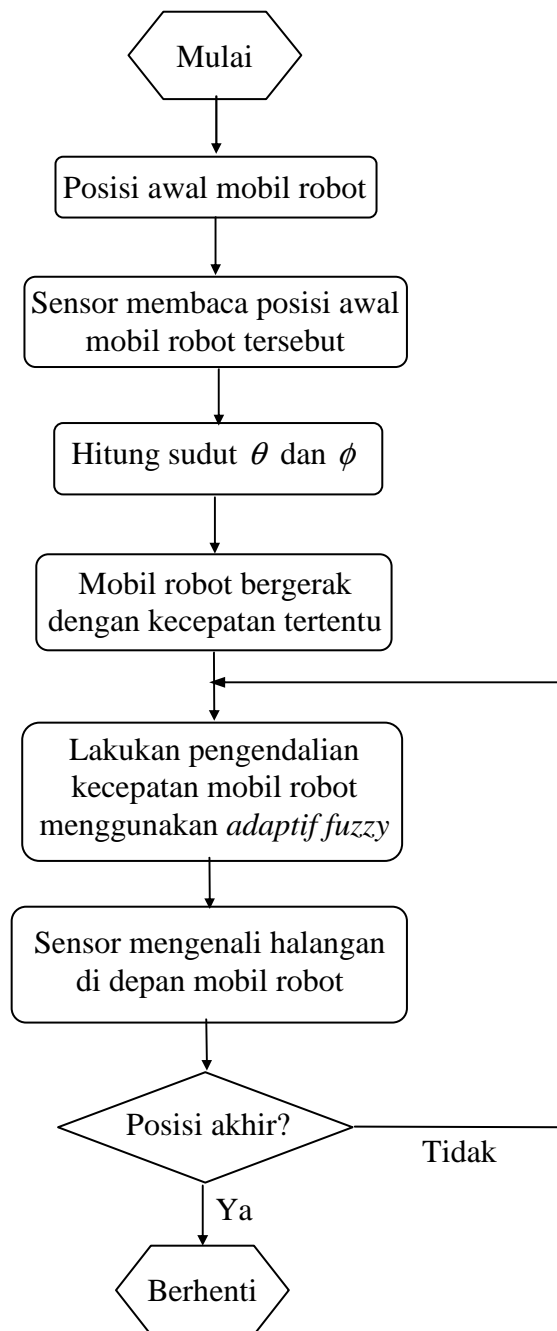
Setelah membahas model kinematika mobil robot, selanjutnya dilakukan perancangan hardware beserta komponen-komponen dan sistem kontroler dengan model adaptif fuzzy sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut.



**Gambar 3.2.** Diagram Blok Sistem Pengendalian Mobil Robot

### 3.2. Algoritma Pengendalian Gerakan Mobil Robot

Berdasarkan pada model kinematika mobil robot tersebut di atas, maka coba dirancang suatu algoritma pengendalian gerakan mobil robot yang ditunjukkan dengan *flowchart* pada gambar 3.3 berikut.



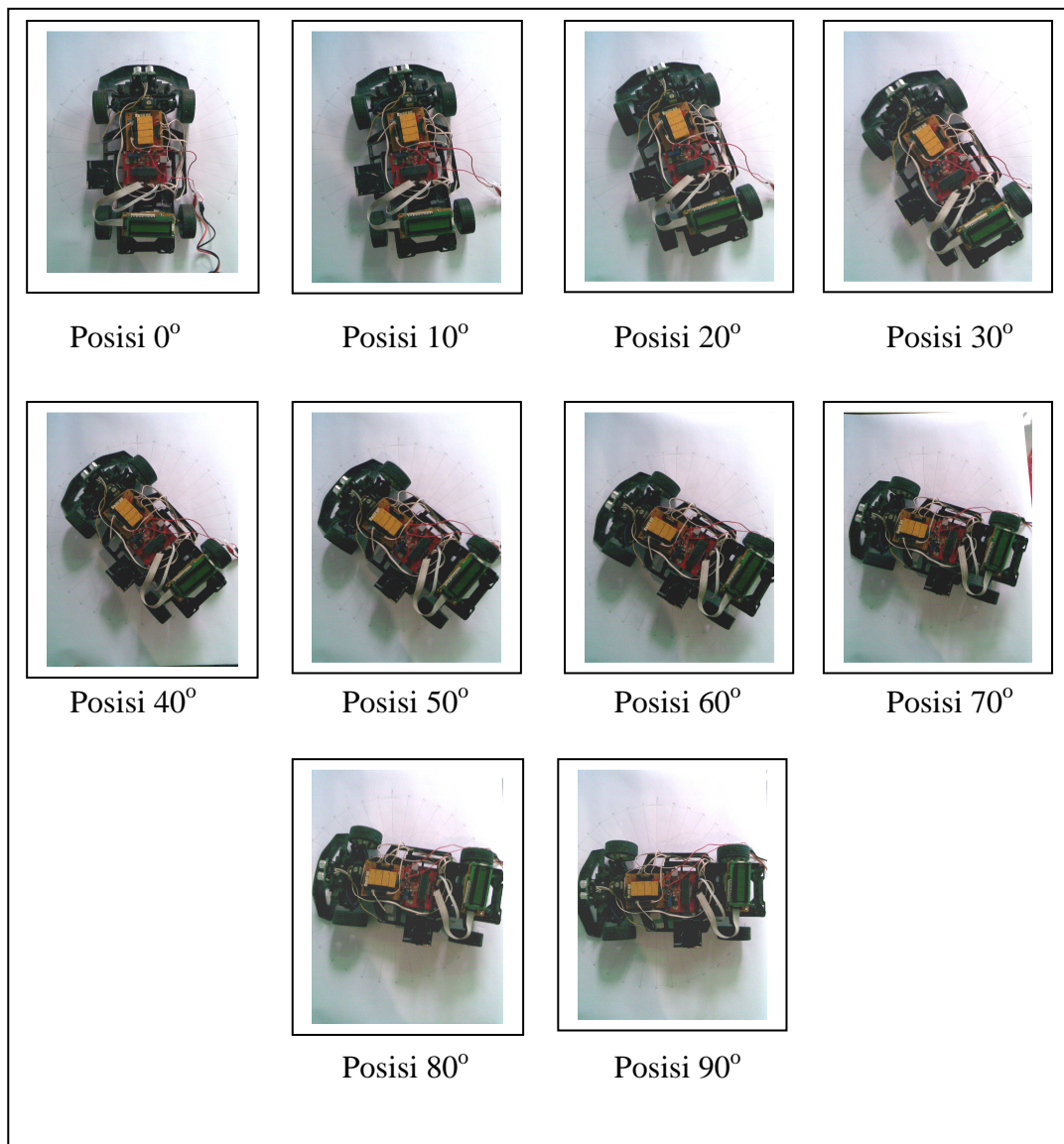
**Gambar 3.3.** Flowchart Pengendalian Gerakan Mobil Robot

### 3.3. Pengujian Mobile Robot

Setelah design mobile robot selesai, maka akan dilakukan pengujian dengan dua cara yaitu : pengujian derajat posisi mobile robot dan pengujian jarak mobile robot dengan halangan.

### 3.3.1. Pengujian Derajat Posisi Mobile Robot

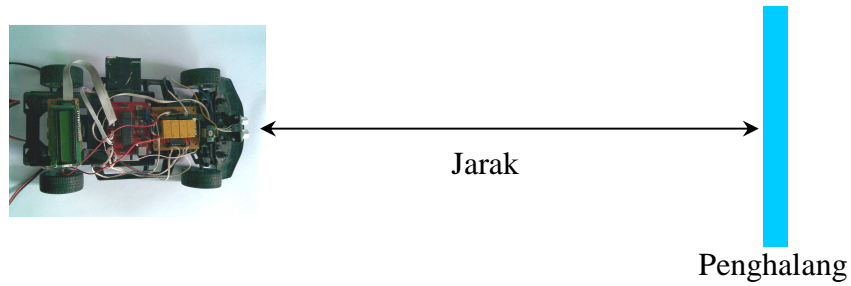
Pengujian derajat posisi mobile robot dilakukan setiap kenaikan  $10^\circ$ . Pengujian dilakukan dari  $0^\circ$  sampai  $350^\circ$ . seperti pada gambar 3.4.



**Gambar 3.4.** Pengujian Derajat Posisi Mobile Robot  
Dilakukan Setiap Kenaikan  $10^\circ$

### 3.3.2. Pengujian Jarak Mobile Robot Dengan Halangan

Pengujian jarak mobile robot dengan halangan dilakukan setiap kenaikan 1 cm . Pengujian dilakukan dari 1 cm sampai 35 cm,. seperti pada gambar 3.5.



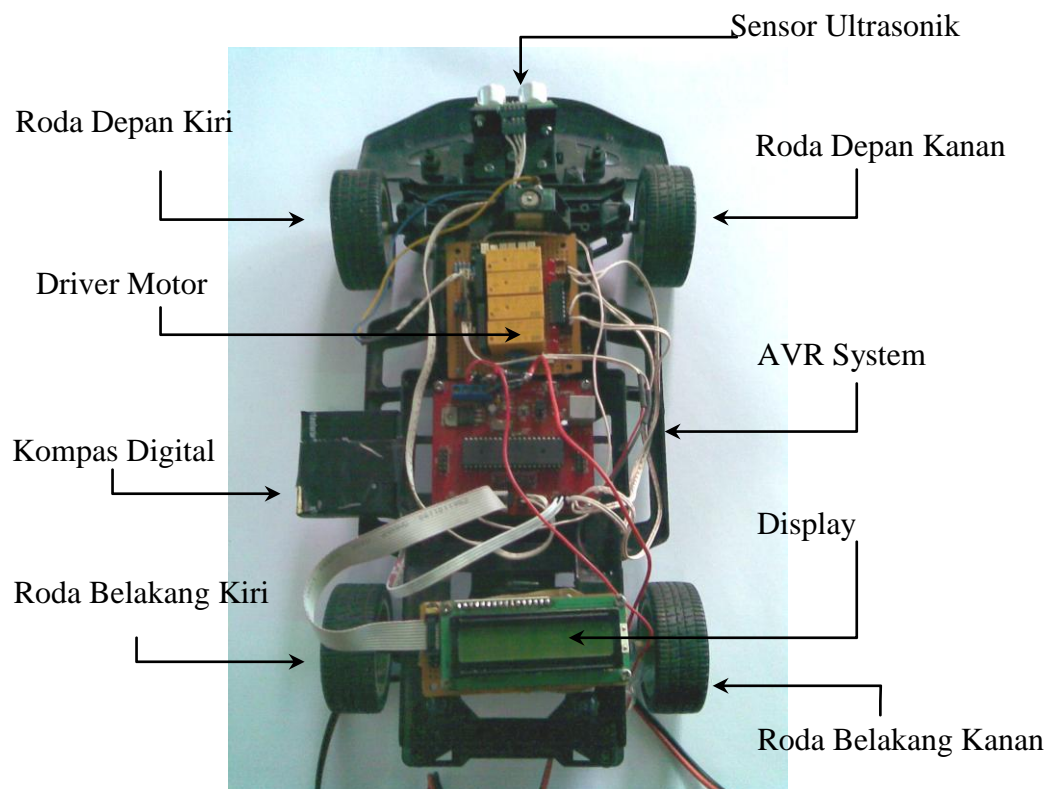
**Gambar 3.5.** Pengujian Jarak Mobile Robot dengan Halangan  
Dilakukan Setiap Kenaikan 1 cm.

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

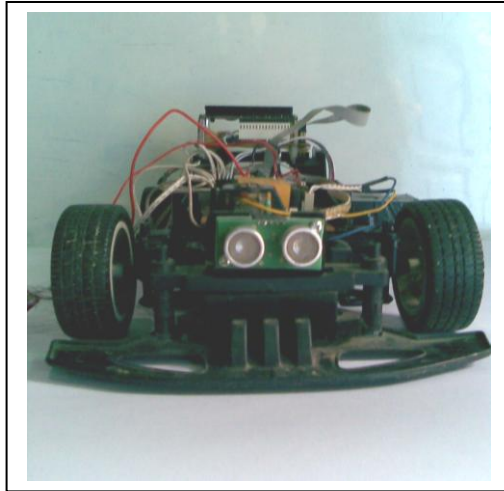
#### **4.1. Mobile Robot Hasil Rancangan**

Setelah design mobile robot selesai dibuat, maka dapat digambarkan sebagai berikut :

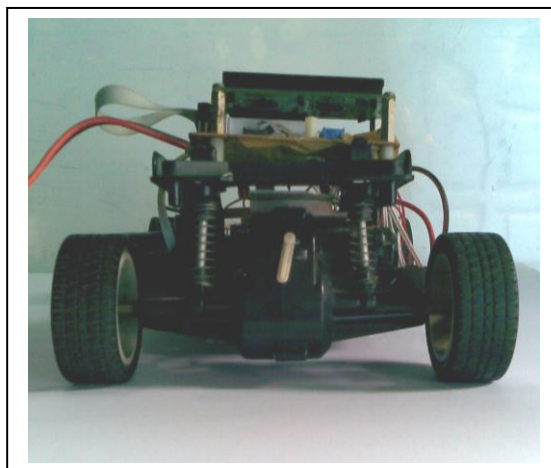


**Gambar 4.1** Bagian-Bagian Mobile Robot

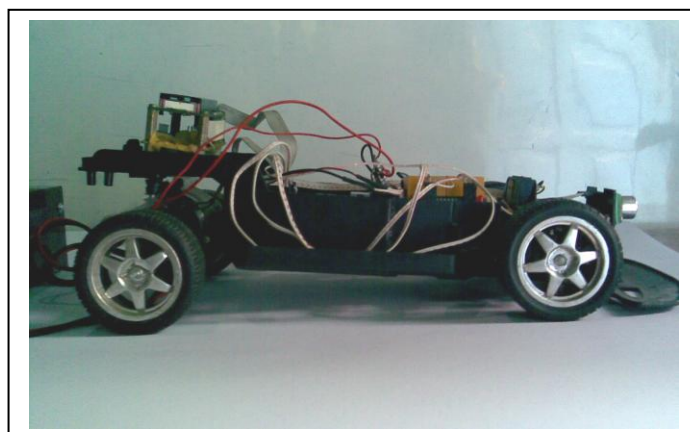
Untuk lebih jelas hasil rancangan mobile robot maka dapat diperhatikan gambar mobile robot dari depan, belakang, samping kanan dan kiri seperti gambar di bawah ini :



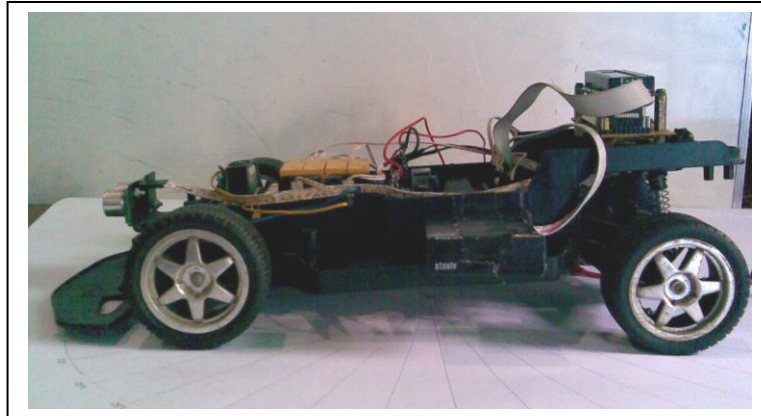
**Gambar 4.2** Gambar Mobile Robot Tampak Depan



**Gambar 4.3** Gambar Mobile Robot Tampak Belakang



**Gambar 4.4** Gambar Mobile Robot Tampak Samping Kanan

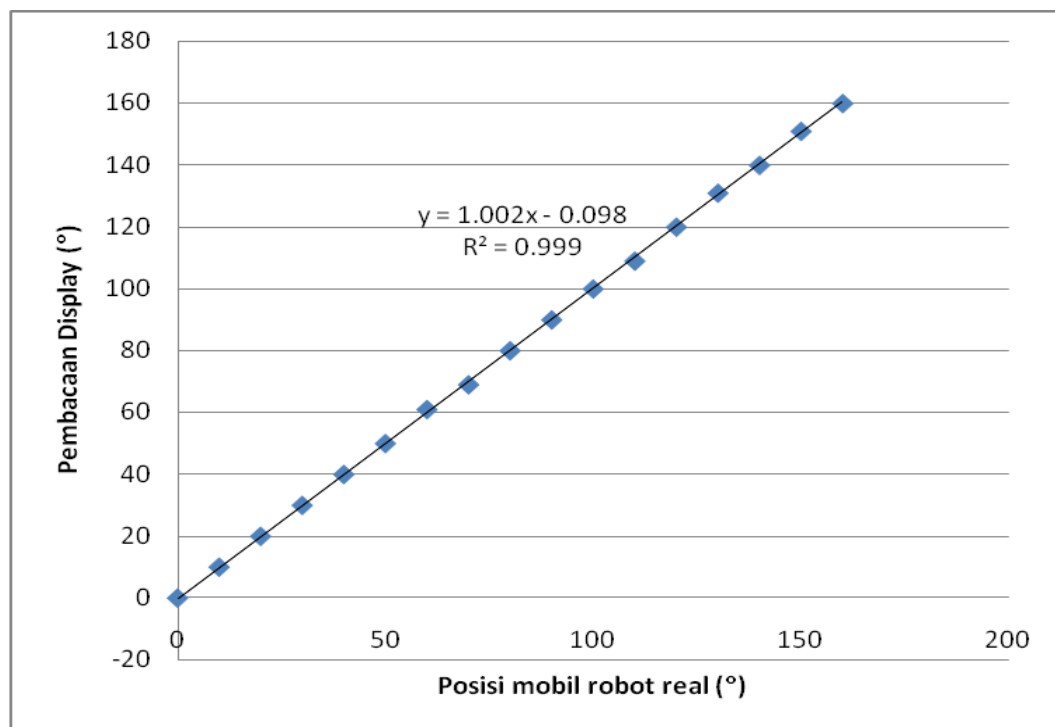


**Gambar 4.5** Gambar Mobile Robot Tampak Samping Kiri

## 4.2. Pengujian Mobile Robot

### 4.2.1 Pengujian Derajat Posisi Mobile Robot

Setelah dilakukan pengujian derajat posisi mobile robot setiap kenaikan 10 derajat, maka didapat hasil sebagai berikut :

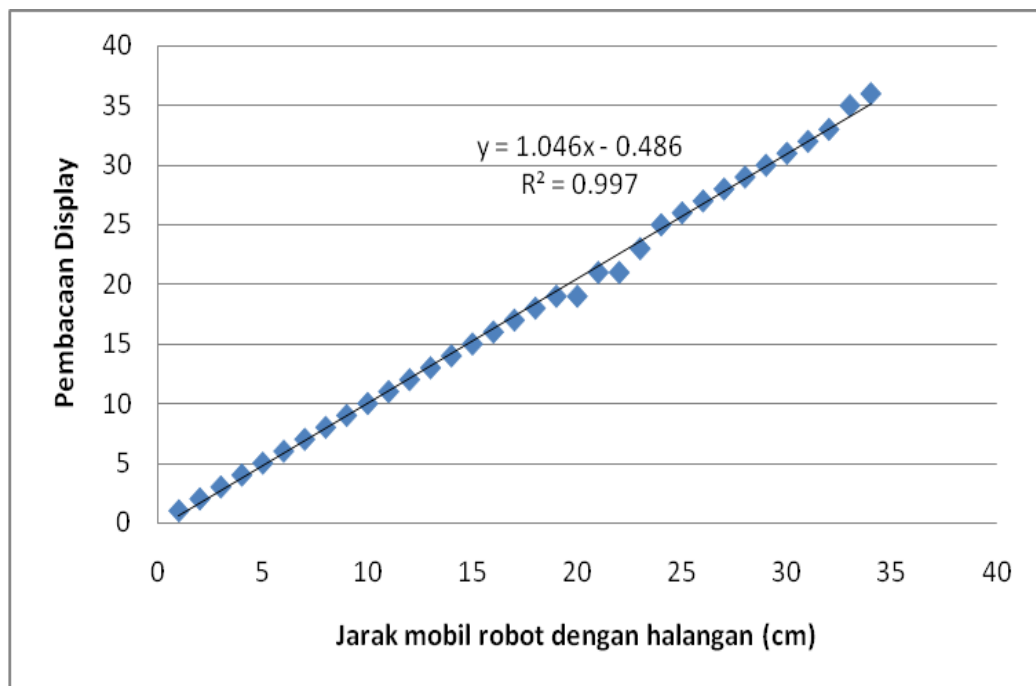


**Gambar 4.6** Grafik posisi real mobil robot terhadap pembacaan display

Dari hasil pengujian posisi derajat mobil robot didapat persamaan linier  $y = 1,002x - 0,098$  dengan  $R^2 = 0,999$  sehingga dari persamaan tersebut dapat dituliskan kesalahan pengukuran yang terjadi sebesar 0,1 % atau dengan kata lain pengukuran tersebut memiliki ketelitian sebesar 99,9 %.

#### 4.2.2 Pengujian jarak mobile robot dengan halangan

Setelah dilakukan pengujian jarak mobile robot dengan halangan yang berada didepannya setiap kenaikan 1 cm, maka didapat hasil sebagai berikut :



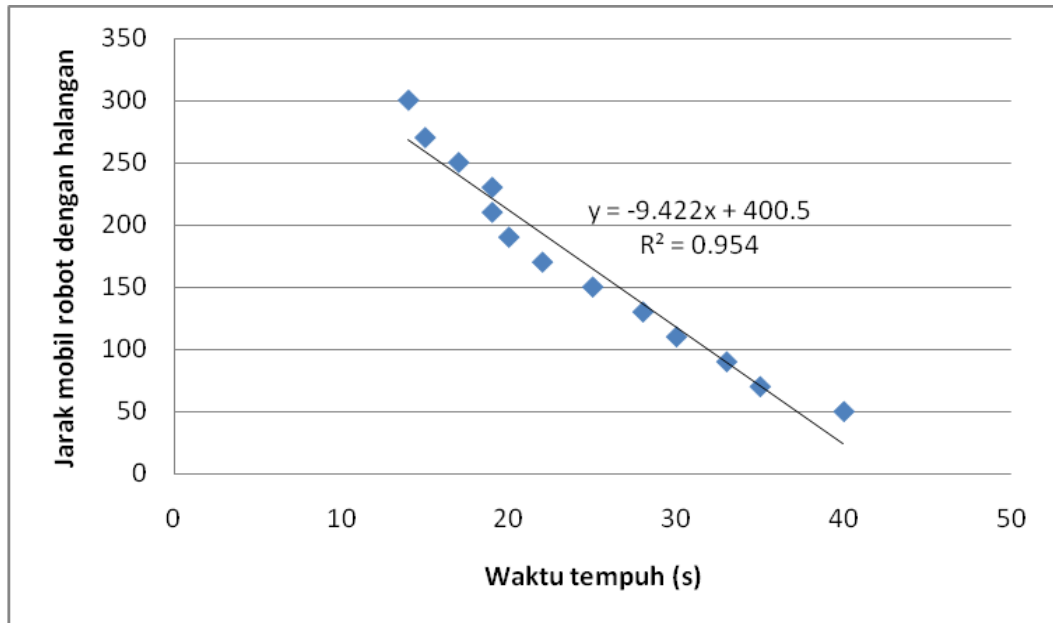
**Gambar 4.7** Grafik jarak mobil robot dengan halangan terhadap pembacaan display

Dari hasil pengujian jarak mobil robot dengan halangan didapat persamaan linier  $y = 1,046x - 0,486$  dengan  $R^2 = 0,997$  sehingga dari persamaan tersebut dapat dituliskan kesalahan pengukuran yang terjadi sebesar 0,3 % atau dengan kata lain pengukuran tersebut memiliki ketelitian sebesar 99,7 %.



#### 4.2.3 Pengujian kecepatan mobil robot

Setelah dilakukan pengujian kecepatan mobil robot dengan perubahan jarak mobil robot dengan penghalang terhadap jarak tempuh mobil robot, maka didapat hasil sebagai berikut :



**Gambar 4.8** Grafik jarak mobil robot dengan halangan terhadap Waktu tempuh mobil robot

Dari hasil pengujian kecepatan mobil robot dengan melakukan variable perubahan yaitu jarak mobil robot dengan halangan sehingga didapat perbahan waktu tempuh yang signifikan dan dapat dituliskan persamaan linier  $y = -9,422x + 400,5$  dengan  $R^2 = 0,954$  sehingga dari persamaan tersebut dapat tarik benang merah bahwa terjadi penurunan kecepatan. Hal ini dapat dilihat dari grafik bahwa semakin dekat jarak halangan dengan mobil robot maka mobil robot akan bergerak lebih lamban.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **3.1. Kesimpulan**

Setelah melihat hasil design mobile robot dan melakukan pengujian dari algoritma yang diajukan serta menganalisis hasil pengujian baik posisi derajat mobile robot ataupun jarak mobile robot dengan halangan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Pada penelitian ini dibahas mengenai suatu metode pengendalian mobil robot menggunakan *Kontrol Adaptif Fuzzy* dimana kontrolernya dibangun berdasarkan model kinematika yang diturunkan menggunakan batasan *non holonomic* dari sistem.
2. Hasil pengujian algoritma adaptif *fuzzy* pada proses pengendalian kecepatan mobil robot dengan sensor elektronik yang berfungsi untuk mengetahui posisi halangan yang berada di depannya memiliki performansi kontroler pada hardware cukup bagus. Ini dibuktikan dari hasil pengujian didapat kesalahan 5,83 % pada posisi derajat mobile robot dan 3,9 % pada jarak mobile robot dengan halangan di depan.

#### **3.2. Saran**

Ada beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

- 1 Algoritma yang diajukan tersebut juga perlu diujikan terhadap mobil robot dengan lingkungan yang belum diprediksikan (halangan belum diketahui),

dimana mobil robot tidak boleh menabrak halangan yang ada sepanjang lintasan yang akan dilalui.

- 2 Untuk performa yang lebih baik, maka dapat ditambahkan sensor. Akan tetapi dengan penambahan sensor maka harus menambah AVR Sistem, karena jika menggunakan 1 AVR system memori tidak mencukupi.
- 3 Untuk meningkatkan ketelitian, disarankan meminimalkan kesalahan. Baik kesalahan penglihatan (kesalahan paralaks) maupun kesalahan-kesalahan yang lain serta harus memperhatikan gangguan yang berasal dari luar system.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asada, H. and Slotine, J.E., (1986). *Robot Analysis and Control*, Massachusetts, John Wiley and Sons, Inc.
- Astorn, K. J and B. Wittenmark, (1995). "*Adaptive Control*", Adisson–Wesley.
- Chakravarthy, A., Ghose, D., (1998). *Obstacle Avoidance in a Dynamic Environment : A collision Cone Approach*, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 28, Part B, No. 5, September,
- Fu, K.S., Gonzales, R.C., Lee, C.S.G., (1987). *Robotic: Control, Sensors, Vision, and Intelligence*, McGraw-Hill Inc., New York.
- Hassan K. Khalil, (1992). "*Non Linier Systems*", Macmillan Publishing Company, Inc, New york,.
- Jose Galindo. (2006), "*Fuzzy Databases, Modelling, Design and Implementation*", Idea Group Publishing, London.
- K. Ogata, (1987). "*Discrete Time Control Systems*", Prentice Hall International, New Jersey.
- Patricia, M., (2002). *Feedback Control for a Path Following Robotic Car*. Faculty of Virginia Politechnic Institute and State University.
- Shahian, Bahram, and Michael Hassul, (1993). "*Control System Design Using Matlab*", Prentice Hall PTR, New Jersey,
- Son Kuswadi, dkk, (2003). "*Kendali Cerdas*", EEPIS Press, Surabaya.
- Son Kuswadi, (2007), *Kendali Cerdas, Teori dan Aplikasinya*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Spong, M.W. and Vidyasagar, M., (1989). *Robot Dynamic and Control*, Canada, John Wiley and Sons, Inc.
- Wang, L.X (1994) , "*Adaptive Fuzzy System and Control : Design and Stability Analysis*", Prentice Hall, New Jersey.
- X. Jiang, Y. Motai, X. Zhu, (2004). "*Predictive Fuzzy Control for a Mobile Robot with Nonholonomic Constraints*", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*.

## CURRICULUM VITAE

### a. Identitas Diri



1	Nama Lengkap	Abd. Kholiq
2	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
3	Jabatan Struktural	-
4	NIP	197705232000121001
5	NIDN	0023057702
6	Tempat dan tanggal lahir	Gresik, 23 Mei 1977
7	Alamat Rumah	Karangan Jaya IV/22A Wiyung Surabaya
8	Nomor Telepon	085731570404
9	Alamat Kantor	Jalan Ketintang Gedung C3 lt. 3 Surabaya, 60231
10	Nomor HP	085731570404
11	Alamat email	<a href="mailto:choliq_acc@yahoo.com.au">choliq_acc@yahoo.com.au</a>
12	Mata Kuliah yang diampu	a. Elektronika Dasar I b. Elektronika Dasar II c. Eksperimen I Bidang Termodinamika d. Eksperimen II Bidang Listrik & Magnet e. Sistem Servo f. PLC (Programable Logic Control) g. Sistem Sensor h. Dasar Konversi Energi i. Fisika Umum j. Fisika Dasar I k. Fisika Dasar II l. Mikroprosesor

**b. Riwayat Pendidikan**

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Negeri Surabaya	ITS	-
Bidang Ilmu	Fisika	Elektro	-
Tahun Masuk-Lulus	1995-2000	Belum lulus (proses pengurusan persyaratan yudisium)	-
Judul Skripsi/ Thesis/ Disertasi	Penentuan Energi Kinetik Photo Elektron dengan Menggunakan <i>Extra High Voltage Power Supply</i>	Disain Sistem Pengendali <i>Adaptive Fuzzy</i> Pada Robot Mobil Untuk Menghindari Halangan	-
Nama Pembimbing	Drs. Widoko, M.S.	Rusdianto Effendi, M.T. Ir. Katjuk Astrowulan, M.SEE	-

**c. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir**

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2010	Penerapan SCL ( <i>Student Centered Learning</i> ) Sebagai Upaya Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Dalam Kegiatan Praktikum Sebagai Bagian Mata Kuliah Elektronika Dasar	Penelitian Dia_Bermutu	10
2	2010	Pengembangan Bahan Ajar Dan Media Pembelajaran Berupa Buku Elektronik ( <i>E-Book</i> ) Untuk Mata Kuliah Elektronika Dasar I (Penelitian Dia_Bermutu 2010)	Penelitian Dia_Bermutu	10
3	2013	<i>Automatic Aqua-Drops</i> , Penyiraman Tanaman Pot Dari Botol Plastic Bekas Sebagai Upaya <i>Green Solution</i>	FMIPA Unesa	5
4	2013	Pengembangan media offline web sebagai penunjang pembelajaran fisika untuk SMA/MA pada materi listrik dinamis	FMIPA Unesa	5

5	2013	<i>Water Strem System</i> menggunakan saringan CUMI (Cangkang Uni Mineral) untuk penjernih air siap minum	FMIPA Unesa	5
6	2013	<i>Prototype "shoes pressing"</i> dengan sistem indikator untuk charger battrei portable dibawah 7 volt	FMIPA Unesa	5
7	2014	<i>Distillation trashes polymer LDPE (low density polyethylen) as a fuel and lubricant solit ono motor gear</i>	FMIPA Unesa	5
8	2014	Pengembangan Buku Panduan Microteaching bagi dosen, mahasiswa dan crew laboratorium pembelajaran FMIPA Unesa	Penelitian BOPTN FMIPA Unesa	20

**d. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir**

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2013	Workshop Pembuatan Media Pembelajaran Berbasis Audio Video dan Power Point di SMP Siti Aminah Surabaya	Fakultas MIPA	5
2	2014	Workshop Pembuatan Media Pembelajaran Berbasis Audio Video untuk guru-guru MGMP IPA Fisika MKKS Surabaya Selatan	Fakultas MIPA	5
3	2014	Pendampingan Penyusunan Perangkat Pembelajaran Untuk Mengimplementasikan Kurikulum 2013 bagi Guru SD Islam Baitul Fattah Surabaya	Fakultas MIPA	5

**e. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir**

No	Judul Artikel Ilmiah	Volume/Nomor/ Tahun	Nama Jurnal
1	Disain Sistem Pengendali <i>Adaptive Fuzzy</i> Pada Pengaturan Kecepatan Robot Mobil dalam Menghindari Halangan (Pemakalah Seminar Seminar Nasional Pengembangan Fisika Dan Pembelajaran Fisika Berbasis Penelitian) Tahun 2010.	Prosiding ISBN 978-979-028-329-9) 2010	

2	Development Microteaching Handbook for Lecturer, Student, and Learning Laboratory Crew of Science and Mathematic Faculty	ISSN 1948-5476 2014, Vol. 6, No. 3	<i>Macrothink Institute International Journal of Education</i>
---	--	---------------------------------------	--

**f. Pengalaman Penyampaian Makalah secara Oral pada Pertemuan / Seminar Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir**

No	Nama Pertemuan Ilmiah	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Seminar Nasional Pengembangan Fisika Dan Pembelajaran Fisika Berbasis Penelitian	Disain Sistem Pengendali <i>Adaptive Fuzzy</i> Pada Pengaturan Kecepatan Robot Mobil dalam Menghindari Halangan (Pemakalah Seminar Seminar Nasional Pengembangan Fisika Dan Pembelajaran Fisika Berbasis Penelitian 2010 Prosiding ISBN 978-979-028-329-9)	Jurusan Fisika FMIPA Unesa Tahun 2010

**g. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir**

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1	Panduan <i>Microteaching</i> untuk Dosen, Mahasiswa dan <i>Crew</i> (ISBN 978-979-028-619-1)	2014	115	Universitas Negeri Surabaya ( <i>University Press</i> )

**h. Pengalaman Perolehan HaKI dalam 5-10 Tahun Terakhir**

No	Judul	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1	-	-	-	-

**i. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik / Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir**

No	Judul	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
1	-	-	-	-



**j. Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 Tahun Terakhir**

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Piagam Penghargaan Sebagai Pembimbing Team Robot BIMA SAKTI Jurusan Fisika FMIPA Unesa	Kementerian Pendidikan Nasional Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi	2010
2	Pendampingan ISO 9001 ; 2008	PT. FIRST CONSULTING INDONESIA	2013
3	Certificate of GOLD PRICE sebagai Lecturship Topik : <i>Distillation trashes polymer LDPE (low density polyethylen) as a fuel and lubricant solit ono motor gear</i>	Universiti Malaysia Perlis (UniMAP)  International Engginerring Invention & Innovation Exhibition (i-ENVEX) 2014	2014

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggung jawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resikoanya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 9 Juli 2015

Penulis,



**( Abd. Kholiq )**

NIP. 197705232000121001